

ソフトコピー（モニタ）診断における小児股関節の被曝線量

内田武博・島村正道¹⁾・船間芳憲¹⁾・阿蘇品昌昭²⁾・上田新也²⁾・
平嶋 豊³⁾・矢野康博⁴⁾・天野敏夫⁵⁾

Exposure Dose in Softcopy Reading (Monitor Diagnosis) of Child Hip Joints

Takehiro Uchida, Masamichi Shimamura¹⁾, Yoshinori Funama¹⁾, Masaaki Asoshina²⁾,
Shinya Ueda²⁾, Yutaka Hirashima³⁾, Yasuhiro Yano⁴⁾, Toshio Amano⁵⁾

Abstract : In September 2008, hardcopy printing (film diagnosis) was replaced by softcopy reading (monitor diagnosis) at our facility. The softcopy reading enabled to lower radiography conditions in the child hip joint and to reduce more child exposure dose than we previously examined. In this study, the reduction of exposure dose in the present softcopy reading of the child hip joint was discussed using the same method as our previous report on hardcopy printing.

This study indicates that the present softcopy reading enables to reduce exposure dose to approximately 44% of dose in the conventional hardcopy printing and to about 10% of dose in a guideline for medical exposure of Japan Association of Radiological Technologist (JART).

Key words : Softcopy reading, Hardcopy printing, Non dosimeter dosimetry (NDD), Guideline for medical exposure, Japan Association of Radiological Technologist (JART)

I. はじめに

小児股関節の単純X線撮影は、先天性股関節脱臼 (Congenital dislocation of the hip: CDH)¹⁾ や臼蓋形成不全 (Developmental dysplasia of the hip: DDH) などの診断目的に行われる検査である。その際、生殖腺が撮影範囲に含まれるため含鉛ゴムなどで生殖腺防護を行うが、生殖腺の被曝は避けられない。特に、放射線に対する生物学的リスクの高い乳幼児の生殖腺の被曝は重大で、

撮影線量の低減に最大限の配慮が必要である。このような理由から、当施設ではCDHやDDHを目的とした小児股関節のX線診断において計測や脱臼の診断に支障がない範囲内で、画質低下よりも被曝低減を優先して小児股関節の低線量CR撮影を行ってきた。

2008年9月に当施設ではハードコピー（フィルム）診断からソフトコピー（モニタ）診断への移行に伴って小児股関節の撮影線量を低減し、より低線量でのCR撮影を行っている。しかし、当施設

医療法人天野会放射線部

1) 熊本大学大学院生命科学研究部医療技術科学講座

2) 熊本市民病院中央放射線部

3) 熊本労災病院中央放射線部

4) 医療法人杉村会放射線部

5) 医療法人天野会整形外科

設が現在行っている小児股関節のモニタ診断における低線量CR撮影が、どの程度の被曝線量を生じているかは不明である。

本研究は、当施設で現在行っている小児股関節のモニタ診断における被曝線量について前回のフィルム診断での報告²⁾と同様な方法で検討した結果、さらに被曝線量の低減が可能となったので報告する。

II. 方法

2.1 使用機器

デジタル画像システムは、富士フィルムメディカル株式会社製FCR-XL-2にタイプST-VIのイメージングプレート(六ツ切サイズのIPカセットタイプCC)を組み合わせたもので、X線発生装置には東芝メディカル株式会社製KXO-50C、医用画像情報システムにはシナプス MINI-Xを使用している。画像表示モニタは、富士フィルムメディカル株式会社製画像ワークステーション・モノクロ2Mモニタである。

2.2 臨床画像の撮影条件

実際の臨床で行っている小児股関節の単純正面X線撮影は、管電圧50kV、X線管-IP間距離120cm、照射野34cm×36cm、グリッドなし、mAs値1.0の低線量で行い、出力画像は19インチのモノクロモニタに表示される。

画像収集モードには、幼児股関節メニューを用い、その画像処理パラメータはG1.3D#0.6+0.05MCR0.4AO0.3F(階調処理パラメータは回転量1.3、階調タイプD、回転中心0.6、階調シフト量0.05で、マルチ周波数処理パラメータはバランスタイプC、強調タイプR、周波数強調度0.4で、マルチDR圧縮処理パラメータはバランスタイプA、圧縮処理タイプO、強調度0.3)、自動感度調整機構(Exposure Data Recognizer: EDR)³⁾はauto modeである。

2.3 資料画像

本研究に用いた画像は20名の女児(2010年7月～9月に当施設を受診した生後1日～11ヶ月の乳幼児)の股関節画像がモニタのほぼ中央に表示されたもので、画像パラメータのL値は1.6である。

2.4 検討項目

(1) 撮影時に計測した恥骨結合上縁における厚さ(以後、体厚)²⁾とNDD法によって皮膚線量(mGy)を求める。次に、小児股関節画像のS値を調べ、S値と体厚および皮膚線量との関係を調べる。

(2) NDD法によって求めた皮膚線量を日本放射線技師会の乳幼児股関節の被曝線量ガイドライン(以後、ガイドライン)²⁾と比較する。さらに、現在のモニタ診断における被曝線量を従来のフィルム診断における被曝線量と比較する。

2.5 NDD (Non Dosimeter Dosimetry) 表面線量簡易換算式の定義(佐藤による)⁴⁾

NDD法は患者の皮膚線量を推定するために、入射線量を左右する諸因子{管電圧(kVp)、mAs(管電流×撮影時間)、濾過フィルター、FSD(焦点・皮膚間距離(m))、装置}を一定の値で正規化して係数化し、皮膚線量の推定式を導く方法である。その式は、次のように表される。

$$D_0(\text{mGy}) = \{NDD - M(f)\} \times \text{mAs} \times (\text{FSD})^{-2} \\ = 0.024 \times 1 \times (1.2 - T)^{-2}$$

なお、NDD-M(f)の係数はインバータ装置の総濾過フィルター(2.5mmAl)と使用する管電圧により決まる係数で、当施設のインバータ装置のNDD-M(f)の係数は0.024である。

2.6 S値、入射表面線量、体厚の関係

体表面に入射するX線量 D_0 (被曝線量)が体厚(T)によって減弱してIPに到達するX線量 D_1 、表示S値に対しては、

$$D_i = 200 \times S^{-1}$$

$$D_i = D_0 \times e^{-\mu T} \quad (\mu : \text{体の減弱係数})$$

の関係にあり、これらの3式より、S値と体厚(T)や被曝線量(D₀)の関係は既知の事実である。しかし、当施設のような線量計や実験設備を所有していない小規模施設では、被曝線量(D₀)を把握できないため、S値、被曝線量(D₀)、体厚(T)のデータから、最小2乗法を用いて被曝線量の簡易推定式を求める。

III. 結果

Fig. 1に皮膚線量とS値の関係を示す。皮膚線量はS値の増加に伴って増加している。しかし、皮膚線量のデータの正規性は認められない。皮膚線量とS値の間でスピアマンの相関係数を求めると0.96と高い相関が認められる。しかし、順序量をデータとする推定式から皮膚線量を説明し、理解させる事は容易ではない。したがって、S値(x)から皮膚線量(mGy)(y)を直接推定できる近似式(以後、推定式)として求めた結果、 $y = 0.000002x + 0.0163$ (決定係数: $r^2 = 0.92$) で非常に良い適合度を示している。

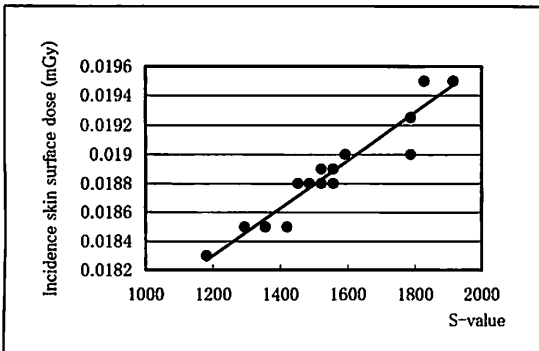


Fig.1 入射皮膚表面線量とS値の関係

Fig.2にS値と体厚の関係を示す。S値は体厚の増加に伴って大きくなっている。体厚(cm)(x)によるS値(y)の推定式は、 $y = 172.16x + 302.36$ (決定係数: $r^2 = 0.92$) で非常に良い適合度を示し、体厚からS値を推定できる。

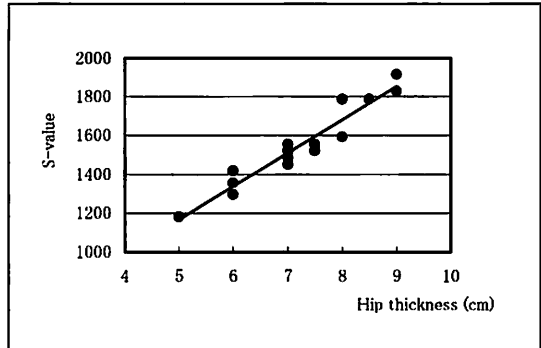


Fig.2 S値と体厚の関係

Fig.3に皮膚線量と体厚の関係を示す。皮膚線量は体厚の増加に比例して大きな値となっている。体厚(cm)(x)による皮膚線量(mGy)(y)の推定式は、 $y = 0.0003x + 0.0167$ (決定係数: $r^2 = 0.96$) で非常に良い適合度を示している。

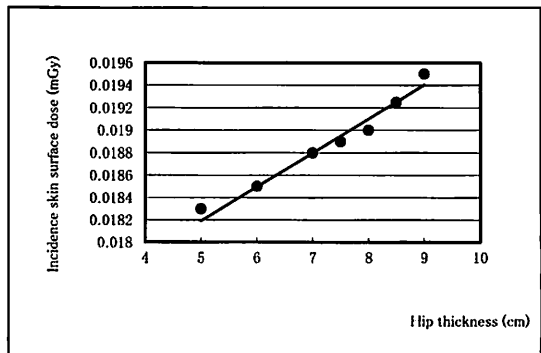


Fig.3 入射皮膚表面線量と体厚の関係

Fig.4に現在のモニタ診断における皮膚線量と従来のフィルム診断における皮膚線量の比較を示す。モニタ診断における皮膚線量はフィルム診断における皮膚線量の1/2以下で、大幅な被曝低減である。

IV. 考察

2006年に国内では診療報酬改定により、大規模施設ではフィルムレス化によるPACS (Picture Archiving and Communication System) の導

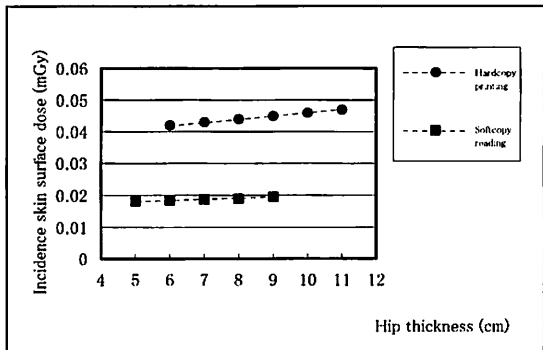


Fig.4 ソフトコピー診断とハードコピー診断における入射皮膚表面線量の比較

入が着実に進み、小規模施設でもモニタ診断や電子保存を基本としたソリューションが導入されるようになった。当施設でもCDHやDDHを目的とした小児股関節の低線量CR撮影^{5, 6)}(ガイドラインの21%~23.5%程度)²⁾を行ってきたが、フィルム診断からモニタ診断への移行に伴って撮影線量をさらに低減し、より低線量でのCR撮影を行っている。そこで、当施設で現在行っている小児股関節のモニタ診断における被曝線量について、前回のフィルム診断での報告²⁾と同様な方法で検討した。なお、被曝線量の評価は実測が基本であるが、撮影条件を入力するだけで被曝線量を簡易的に推定できるNDD法によって算出した皮膚線量を被曝線量の評価に用いた。

本研究ではS値を変化させる要因であるIPのフェーディングと管電圧依存性を考慮して管電圧は50kVのみを使用し、IPの撮影から読み取りまでの時間はほぼ同じであるため、IPのフェーディングや管電圧依存性によるS値の変動はないとする。さらに、全画像は線質50kV、線量1mAs、距離1.2mの同一撮影条件(X線照射量は一定とする)で撮影されている。そのため、IPへの入射X線量は小児個々のX線吸収量に依存してS値は変動し、S値と皮膚線量の関係はFig.1のようにほぼ直線性が成り立っている。これは50kV、1 mAs、1.2mの撮影条件においてS値が皮膚線量に比例しており、被曝線量の指標として利用可能であることを

意味している。しかし、実際の撮影時には含鉛ゴムによって生殖腺を防護するため、表示されるS値は小児の体格に含鉛ゴムによるX線吸収が付加され、小児の体格のみの値より大きな値となっている。ここで、小児の体格の大小を体厚でみると、Fig.2から分かるように、S値は体厚に大きく依存している。これは、体厚の増加に伴うX線吸収量の増加がIPへの入射X線量を減少させS値が大きくなるためである。同一体厚におけるS値のバラツキは、小児個々の年令(骨格の成長)の相違で体格によるX線吸収量やIPへの入射X線量が異なるために生じると考える。

一般撮影における被曝線量は、患者の皮膚線量で定義されている。そこで、当施設で現在行っている小児股関節のモニタ診断における皮膚線量をNDD法によって算出した結果(Fig.3)から考えてみる。20名の小児の体厚は5 cm~9 cmの範囲にあり、その皮膚線量は0.0183mGy~0.0195mGyである。これは、ガイドラインの約9.15%~約9.75%の線量で、当施設で現在行っている小児股関節の低線量CR撮影がガイドラインの1/10以下の皮膚線量であることが確認できる。この結果は、小児のX線被曝に不安を抱いている両親や家族に対して被曝線量のインフォームド・コンセントを行う際に非常に有用なデータである。さらに、現在のモニタ診断における皮膚線量を従来のフィルム診断における皮膚線量と比較してみると、Fig.4から分かるように皮膚線量は体厚の増加に伴って大きな値となり、モニタ診断における皮膚線量はフィルム診断における皮膚線量の1/2以下であることが確認できる。体厚6~9 cmの範囲で比較すると、モニタ診断における皮膚線量はフィルム診断における皮膚線量の約43.3~44.0%であることが確認できる。これは、CR装置の画像処理技術であるマルチ周波数処理(Multi-Objective Frequency Processing: MFP)やノイズ抑制処理(Flexible Noise Control: FNC)^{7, 8)}によって撮影条件の低減が可能となるためと考える。

以上のように、本研究では現在の小児股関節の

モニタ診断における被曝線量について検討し、S値による皮膚線量の簡易推定式が得られる。この推定式はS値のみで簡易的に皮膚線量の概算値を推定し、その推定値は被曝低減のための指標として有用である。また、現在のモニタ診断における被曝線量はガイドラインや従来のフィルム診断における被曝線量に比べて、大幅な被曝低減が可能である。

V. 結論

当施設で現在行っている小児股関節のソフトコピー（モニタ）診断における被曝線量について検討した結果、従来のハードコピー（フィルム）診断における被曝線量と比較した場合には約44%に被曝線量の低減が可能である。また、日本放射線技師会の乳幼児股関節の被曝線量ガイドラインと比較した場合には約10%に被曝線量の低減が可能である。

参考文献

- 1) 伊藤鉄夫：股関節外科学. 149-220, 1976.
- 2) 内田武博, 他：小児股関節の低線量C R撮影における被曝線量のS値による簡易推定.熊本大学医学部保健学科 紀要第1号(2):21-26, 2005.
- 3) 富士フィルム株式会社：FUJI COMPUTED RADIO GRAPHY 画像処理解説書. 13-28, 2000.
- 4) X線診断領域における患者の表面入射線量簡易換算式-NDD法-. 茨城県放射線技師会・日本放射線技術学会茨城支部. 茨城. 1996.
- 5) Sonoda, M., et al.: Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. Radiology. 148 (3): 833-838, 1983.
- 6) Fujita, H., et al.: Basic imaging properties of a computed radiographic system with photostimulable phosphors. Med.Phys. 16 (1): 52-59, 1989.
- 7) 富士フィルムメディカル株式会社：ノイズ抑制処理FNC (Flexible Noise Control) 原理とその効果について, 2005.
- 8) 富士フィルム株式会社：FUJI COMPUTED RADIO GRAPHY 画像処理解説書Ⅱ. 1-6, 2007.